

## ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ПРОБИВКИ ЗАЩИТНО-КРЕПЯЩЕГО СЛОЯ НА ПРОЧНОСТЬ АДГЕЗИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ С КОРПУСОМ ДВИГАТЕЛЯ

А.Ю. Скуратов, Е.А. Беспалова, Н.В. Половникова

Научный руководитель: А.Ю. Скуратов

Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,

Россия, Сибирский федеральный округ, Алтайский край, г. Бийск, улица имени Героя Советского Союза Трофимова, 27,659305

E-mail: [katena.bespalova9570@gmail.com](mailto:katena.bespalova9570@gmail.com)

Одним из важнейших параметров, отвечающих за работоспособность РДТТ, является прочность скрепления высокоэнергетических композиций (ВЭМ) с элементами корпуса, которая контролируется по величине прочности адгезионного соединения на границе ВЭМ – крепящий состав (КС) – защитно-крепящий слой (ЗКС) [1-3].

Степень пробивки ткани капроновой технической эластичной (ТКТЭ) резиной в ЗКС может быть различна. Визуально её оценивают по эталону внешнего вида, как слабую, нормальную, усиленную (рисунок 1). Слабая пробивка при обработке изделий не рекомендуется из-за высокой вероятности отслоения ТКТЭ от резины [4].

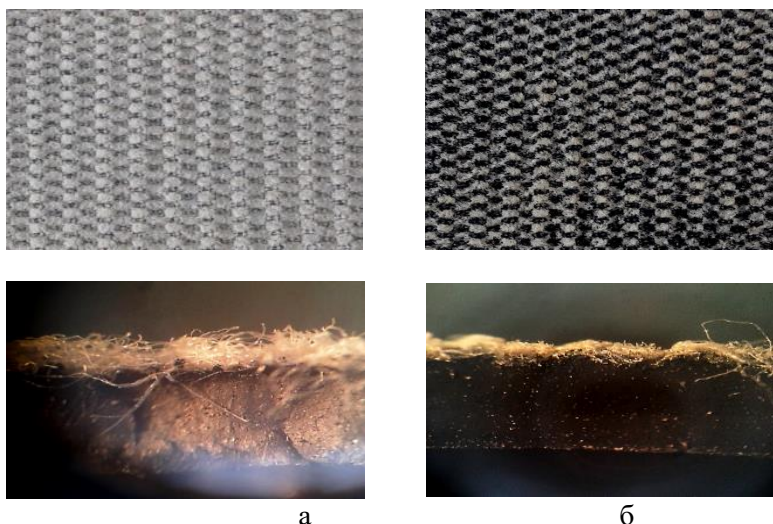


Рис. 1. Пробивка ткани капроновой  
а - нормальная пробивка; б - усиленная пробивка

Цель настоящего исследования изучение влияния степени пробивки ЗКС как фактора, влияющего на величину прочности адгезионного соединения изделий на основе нитроэфирсодержащих ВЭМ.

Крепящие составы, которые используются при изготовлении РДТТ, можно классифицировать на наполненные и ненаполненные. Принципиальным различием выбранных к рассмотрению КС является наличие в составе наполненного КС нерастворимого наполнителя – сажи.

Степень пропитки ЗКС различными по своей природе КС оценивалась визуальным методом оптической микроскопии микроструктурных срезов ЗКС. Крепящие составы наносились на образцы ЗКС методом намазки кистью.

Результаты электронной оптической микроскопии показали, что наполненный КС, содержащий 8,2% сажи от массы раствора КС, не обеспечивает пропитку ТКТЭ с нормальной степенью пробивки резиной по всему объему. Часть сажи, входящая в состав КС, осаждается на поверхность ТКТЭ, вследствие чего в ЗКС образуется свободный объем в виде пустот, раковин, микрокапилляров, не заполненных КС (рисунок 2а). При усиленной степени пробивки свободный объем меньше, имеются небольшие пустоты (рисунок 2б).

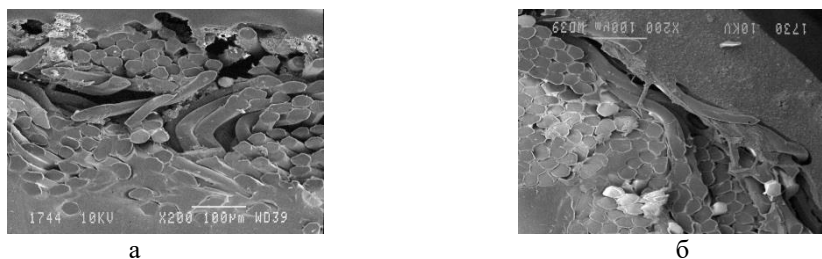


Рис. 2. Торцевая поверхность среза ЗКС нормальной (а) и усиленной (б) степени пробивки ЗКС с нанесенным наполненным КС

Наличие свободного объема в ТКТЭ создаёт условия для диффузии в него несвязанных компонентов КС и ВЭМ, что изменяет параметры контактирующих с КС слоёв ВЭМ. Для полноты пропитки крепящим составом пробивки ТКТЭ необходимо снизить содержание нерастворимых компонентов в составах КС, либо полностью исключить их.

В ЗКС с усиленной степенью пробивки свободный объём меньше, чем с нормальной. Более полная пропитка снижает диффузию несвязанных компонентов из ВЭМ и КС в ТКТЭ и соответственно повышает прочность адгезионного соединения  $\sigma_a$  (см. таблицу).

Таблица 1 - Прочность адгезионного соединения  $\sigma_a$ , МПа

Вид КС	Степень пробивки	$\sigma_a$ , МПа
Наполненный	Нормальная	0,342±0,006
	Усиленная	0,364±0,004
Ненаполненный	Нормальная	0,321±0,009
	Усиленная	0,323±0,005

Из таблицы видно, что при использовании усиленной степени пробивки с наполненным КС уровень прочности адгезионного соединения увеличивается. Степень пробивки с применением ненаполненного КС не влияет на величину прочности адгезионного соединения. Ненаполненный КС обеспечивает более полную пропитку объёма как нормальной, так и усиленной пробивки ТКТЭ (соответственно пробивка в этом случае не влияет на прочность адгезионного соединения). Различие в уровне значений  $\sigma_a$  с наполненными и не наполненными КС вызвано различной степенью адгезии полимерных основ КС к ЗКС.

## Выводы

Установлено что, при применении наполненных КС прочность адгезионного соединения зависит от степени пробивки ткани. При содержании в КС нерастворимых наполнителей необходимо использовать ТКТЭ с усиленной степенью пробивки, так как благодаря более полной пропитке ЗКС с усиленной степенью пробивки, прочность адгезионного соединения повышается с 0,342 МПа до 0,364 МПа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков, Б. П. Энергетические конденсированные системы / Б.П. Жуков – М.: Изд – во Янус-К, 2000. – 596 с.
2. Alain Davenas. A. Solid Rocket Propulsion Technology // Pergamon Press. – 1992. – P. 620.
3. LI Chen, LU Gui-e, Jiang Jinyong, Ge Qiang, Wang Shaoguang Chen1, LI. Review on the Test Method of Adhesive Failure in Solid Rocket Motor // Joint International Mechanical, Electronic and Information Technology Conference. – 2015. – P. 675 – 679.
4. Фахрутдинов И. Х., Котельников А. В. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива: Учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.